

## 明 細 書

### 管の絞り圧延装置及び絞り圧延装置用ロール

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、管の絞り圧延装置に関し、さらに詳しくは、圧延軸に沿って配列された複数のスタンドを備え、管を圧延軸に沿って複数のスタンドを通して絞り圧延する管の絞り圧延装置に関する。

#### 背景技術

- [0002] サイザやストレッチレデューサに代表される絞り圧延装置は、管を所定の外形寸法に絞り圧延するための装置である。絞り圧延装置の種類としては、各々が2個のロールを有する複数のスタンドを備えた2ロール式絞り圧延装置、3ロール式絞り圧延装置、4ロール式絞り圧延装置等が知られている。
- [0003] 絞り圧延装置は、通常、圧延軸に沿って配列された複数のスタンドを備える。各スタンドは、孔型を形成する溝を有する複数のロールを含む。たとえば、3ロール式絞り圧延装置では3個のロールが圧延軸周りに等間隔に配置され、かつ、前段のスタンドに含まれる3個のロールから圧延軸周りに60° ずらして配置される。絞り圧延中に管の外周に作用する半径方向応力の分布をなるべく均一にするためである。
- [0004] 4ロール式絞り圧延装置の各スタンドは、孔型を形成する溝を有する4個のロールを含む。4個のロールは圧延軸周りに等間隔に配置され、かつ、前段のスタンドの4個のロールから圧延軸周りに45° ずらして配置される。
- [0005] 一般的に、絞り圧延装置の各スタンドに含まれるロールの溝は横断面で弓状をなす。図1に示すように3ロール式絞り圧延装置のロール200の溝の横断面形状は、溝の底GB (Groove Base) と圧延軸RAとを結ぶ線分の圧延軸RA側の延長線上に中心GCを持つ半径R1の円弧である。半径R1は溝の底GBと圧延軸RAとの間の距離DBよりも長いため、圧延軸RAと溝の表面との間の距離は距離DBが最も短く、圧延軸RAと溝の縁GE (Groove Edge) との間の距離DEが最も長い。要するに、ロール200の溝は距離DBを短半軸とする楕円弧状をなす。
- [0006] ロール200を用いれば、1スタンド当たりの圧下率を大きくすることができる。さらに、

絞り圧延中の管の外周面とロール200の溝縁GEとの間に隙間ができるため、ロールギャップでの噛みだしを防止でき、管の外周面上にエッジきずが発生するのを防止できる。

[0007] しかしながら、ロール200を用いれば、ロール200の溝と接触する管のうち溝の底部と接触する部分に大きな半径方向応力が作用する。要するに絞り圧延時の半径方向応力の分布が管の外周で不均一となり、半径方向の変形量が不均一になる。このような不均一な半径方向の変形によりいわゆる「内面角張」が発生する。具体的には図2に示すように、絞り圧延後の管の内周面が横断面で円形をなさず、六角形をなす。

[0008] 内面角張の発生を防止するには、絞り圧延中の管に作用する半径方向応力の分布を均一にすればよい。半径方向応力分布を均一にするためには、3つのロールで形成される孔型プロフィールを真円に近づければよい。具体的には、ロール200の溝の円弧の中心GCを、圧延軸RAに近づければよい。

[0009] しかしながら、ロール200の溝の中心GCを圧延軸RAに近づければ、絞り圧延中の管の外周とロール200の溝の縁GEとの隙間が小さくなる。そのため、噛みだしが発生しやすくなる。さらに、絞り圧延中、溝表面のうち縁GE近傍の部分と接触する管部分に作用する負荷が増すため、この管部分にエッジきずが発生しやすくなる。具体的には、管の長手方向に筋状のきずが発生する。

[0010] 以上のように、管の絞り圧延において、内面角張の発生とエッジきずの発生とをともに防止し、管の品質を向上するのは困難であった。

[0011] 3個以上のロールを用いた絞り圧延での管の品質を向上する対策として、特開平6-238308号公報及び特開平6-210318号公報が開示されている。

[0012] 特開平6-238308号公報では、図3に示すロール300を用いた絞り圧延方法が開示されている。ロール300の溝の底部301は横断面で半径R1を有する円弧であり、その中心GC1は底中央GBと圧延軸RAとを結ぶ線分の圧延軸RA側の延長線上に位置する。さらに、底部301と溝の縁GEとの間に位置するロールフランジ部302は半径R1よりも大きい半径R2を有する円弧であり、その中心GC2は底部301の端303と中心GC1とを結ぶ接線の中心GC1側の延長線上に位置する。さらに、半径R2

は前段のスタンドのロール300の溝における底中央GBと圧延軸RAとの間の距離D Bよりも大きい。この文献によると、ロール300を使用して絞り圧延することにより内面角張及びエッジきずの発生を防止できるとしている。

[0013] しかしながら、ロール300の溝の底部301の円弧の中心GC1は底中央GBと圧延軸RAとを結ぶ線分の圧延軸RA側の延長線上に位置する。要するに、ロール300の溝は圧延軸RAと底中央GBとの距離DBを短半軸とした楕円弧状をなす。そのため、絞り圧延中の管の外周に作用する半径方向応力分布は不均一になり、内面角張を十分に抑制できないと考えられる。

[0014] 一方、特開平6-210318号公報では、4ロール式絞り圧延装置を用いた絞り圧延方法が開示されている。この文献では、使用するロールの溝の縁近傍部分の曲率半径を溝の底の曲率半径よりも大きくし、さらに、前段のスタンドが有するロールの溝の底の曲率半径よりも小さくすることにより、内面角張の発生を防止できるとしている。

[0015] しかしながら、このようなロールを使用すれば、内面角張の発生は防げるものの、エッジきずが発生しやすくなると考えられる。スタンド入側の管の外半径よりもロールの溝縁と圧延軸との間の距離の方が短いため、噛みだしが発生しやすく、かつ、溝表面のうち溝の縁近傍部分と接触する管部分に作用する負担も大きいためである。

#### 発明の開示

[0016] 本発明の目的は、内面角張及びエッジきずの発生をともに抑制できる管の絞り圧延装置を提供することである。

[0017] 本発明による絞り圧延装置は、圧延軸に沿って配列された複数のスタンドを備え、管を圧延軸に沿って複数のスタンドに通して絞り圧延する。スタンドの各々は、圧延軸の周りに配置された $n$ 個( $n \geq 3$ )のロールを含み、 $n$ 個のロールは前段のスタンドに含まれる $n$ 個のロールから圧延軸周りに $180^\circ / n$ ずらして配置される。複数のスタンドのうち最後尾のスタンドを除くスタンドに含まれる $n$ 個のロールの各々は、横断面で弓状をなす溝を有する。溝の底部は横断面で圧延軸を中心とした第1の半径を有する円弧をなし、溝の底部と溝の縁との間に位置するロールフランジ部の表面と圧延軸との間の距離は第1の半径よりも長く、溝の縁と圧延軸との間の距離は前段のスタンドに含まれるロールの溝における第1の半径よりも長い。

- [0018] 本発明による絞り圧延装置では、各スタンドのロールの溝の底部が圧延軸を中心とした円弧であるため、絞り圧延時に溝の底部と接触する管部分にかかる半径方向応力分布は均一に近い。その結果、管の周方向に偏肉が発生するのを抑制することができ、絞り圧延後の管に内面角張が発生するのを抑制できる。
- [0019] さらに、ロールフランジ部の表面と圧延軸RAとの間の距離が第1の半径よりも長い。そのため、ロールの溝全体が圧延軸を中心とした円弧である場合と比較して、ロールフランジ部と接触する管に作用する負荷が軽減される。さらに、溝の縁と圧延軸との間の距離は前段のスタンドに含まれるロールの溝における第1の半径よりも長いいため、スタンド入側の管の外周と溝の縁との間に隙間ができる。そのため、噛みだしが発生しにくい。これにより、エッジきずの発生を抑制できる。
- [0020] 好ましくは、ロールの溝のロールフランジ部は横断面で弓状をなす。
- [0021] この場合、ロールフランジ部が横断面で弓状であるため、ロールの溝が形成する孔型に挿入される管のうちロールフランジ部と接触する管部分は弓状になる。そのため、管の横断面はより真円に近くなり、絞り圧延後の管の外径寸法精度が向上する。
- [0022] 好ましくは、ロールの溝の横断面において、底部の端上の接線はロールフランジ部の端のうち底部側の端上の接線と一致する。
- [0023] この場合、溝の底部とロールフランジ部とは連続的になめらかに形成されるため、絞り圧延時に底部とロールフランジ部との境界に接する管部分の形状も凹凸が生じることなくなめらかに形成される。
- [0024] 好ましくは、ロールの溝のロールフランジ部は横断面で第1の半径よりも大きい第2の半径を有する円弧をなす。
- [0025] この場合、絞り圧延された管の形状はより真円に近くなる。そのため、絞り圧延後の管の外径寸法精度が向上する。
- [0026] 好ましくは、ロールの溝のロールフランジ部は横断面で直線をなす。
- [0027] 好ましくは、各スタンドのロール数 $n=3$ であり、ロールの溝の底部の円弧は $50^\circ$ 以上の中心角を有する。
- [0028] 各スタンドが3つのロールを有する場合、ロールの溝の底部の円弧が $50^\circ$ 以上の中心角を有すれば、絞り圧延時に管の外周に作用する圧延応力の分布がばらつき

にくくなる。そのため、内面角張の発生をより有効に抑制できる。この条件は、管の外径寸法に対する肉厚の比が大きい管を絞り圧延する場合に特に有効である。

[0029] 好ましくは、各スタンドのロール数 $n=4$ であり、ロールの溝の底部の円弧は $36^\circ$ 以上の中心角を有する。

[0030] 各スタンドが4つのロールを有する場合、ロールの溝の底部の円弧が $36^\circ$ 以上の中心角を有すれば、絞り圧延時に管の外周に作用する圧延応力の分布がばらつきにくくなる。そのため、内面角張の発生をより有効に抑制できる。この条件は厚肉の管を絞り圧延する場合に特に有効である。

#### 図面の簡単な説明

[0031] [図1]従来の3ロール式絞り圧延装置に含まれるロールの横断面図である。

[図2]内面角張が発生した管の横断面図である。

[図3]図1に示したロールと異なる従来のロールの横断面図である。

[図4]本発明の実施の形態による3ロール式絞り圧延装置の側面図である。

[図5]図4に示した絞り圧延装置のスタンドの正面図である。

[図6]図5に示したスタンドの後段のスタンドの正面図である。

[図7]図4に示した絞り圧延装置による管の絞り圧延を示す概略図である。

[図8]図5及び図6に示したスタンドに含まれるロールの溝の横断面図である。

[図9]隣接するスタンドの各々が有するロールの溝の配置関係を説明するための概略図である。

[図10]図8に示したロールの溝と異なるロールの溝の横断面図である。

[図11]図8及び図10に示したロールの溝とさらに異なるロールの溝の横断面図である。

[図12]図8、図10及び図11に示したロールの溝とさらに異なるロールの溝の横断面図である。

[図13]本発明の実施の形態による4ロール式絞り圧延装置に含まれるスタンドの正面図である。

[図14]図13に示したスタンドの後段のスタンドの正面図である。

[図15]図13及び図14に示したスタンドに含まれるロールの溝の横断面図である。

[図16]実施例2で用いたロールの横断面図である。

[図17]図16で示したロールと異なるロールの横断面図である。

[図18]実施例2における内面角張の測定方法を説明するための概略図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0032] 以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳しく説明する。図中同一又は相当部分には同一符号を付してその説明を援用する。

[0033] 図4～図6を参照して、3ロール式絞り圧延装置は圧延軸RAに沿って配列された複数のスタンドST1～STm(mは自然数)を備える。スタンドST1～STmの各々は、圧延軸RA周りに互いに120°の位置に配置される3個のロール11を含む。ロール11は横断面が弓状をなす溝20を有し、3つのロール11の溝20は孔型PAを形成する。

[0034] 図5及び図6に示すように、スタンドSTi(i=2～m)に含まれる3個のロール11は、前段のスタンドSTi-1に含まれる3個のロール11から圧延軸RA周りに60°ずらして配置される。

[0035] 各スタンドの3個のロールは図示しないベベルギアにより互いに接続され、3個のロール11のうちの1つを図示しないモータにより回転させることにより、すべてのロール11が回転する。

[0036] 各スタンドの3個のロール11により形成される孔型PAの断面積は、後段のスタンドのものほど小さくなる。換言すれば、スタンドST1で形成される孔型PAの断面積が最も大きく、最後尾のスタンドSTmで形成される孔型PAの断面積が最も小さい。図7に示すように、管は圧延軸RAに沿ってスタンドST1からスタンドSTmまでを通して絞り圧延される。

[0037] 最後尾のスタンドSTmを除くスタンドST1～STm-1に含まれるロール11は図8に示す溝20を有する。ロールの溝20は横断面で弓状をなす。

[0038] ロール11の横断面での溝20の底部21は圧延軸RAを中心とした半径R1の円弧をなす。底部21の形状が円弧であるため、絞り圧延時に溝の底部21と接触する管部分にかかる半径方向応力の分布は均一になる。その結果、管の周方向に偏肉が発生するのを抑制することができ、絞り圧延後の管に内面角張が発生するのを抑制で

きる。

- [0039] 溝20の底部21と縁GEとの間に位置するロールフランジ部23は半径R1よりも大きい半径R2を有する円弧をなす。ロールフランジ部23の表面上の任意の点と圧延軸RAとの間の距離はいずれも半径R1よりも長いため、ロールの溝全体が圧延軸RAを中心とした円弧である場合と比較して、ロールフランジ部23と接触する管に作用する負荷が軽減される。そのため、エッジきずの発生を抑制できる。
- [0040] さらに、スタンドSTiに含まれるロール11の溝縁GEと圧延軸RAとの間の距離DEは、前段のスタンドSTi-1に含まれるロールの溝20における半径R1よりも大きい。そのため、図9に示すように、スタンド入側の管500の外周と溝縁GEとの間に所定の隙間SR(Side Relief)ができる。管500のうちロールの溝縁周辺と接触する部分の外半径R500は、前段のスタンドSTi-1に含まれるロール11の溝における半径R1とほぼ一致する。その部分はスタンドSTi-1に含まれるロール11の溝底21と接触して絞り圧延されるからである。スタンドSTiのロール11の溝縁GEと圧延軸RAとの間の距離DEは、前段のスタンドSTi-1のロールにおける半径R1よりも長いため、スタンド入側の管の外周と溝縁GEとの間に隙間SRができる。そのため、噛みだしが発生しない。
- [0041] 以上に示したように、溝20の底部21を圧延軸RAを中心とした半径R1を有する円弧形状とすることにより、内面角張の発生を抑制できる。さらに、ロールフランジ部23の表面と圧延軸RAとの間の距離を半径R1よりも長くし、かつ、距離DBを前段のスタンドに含まれるロールの溝20における半径R1よりも長くすることにより、エッジきずの発生を抑制できる。
- [0042] ロール11の溝20はさらに、図8に示すように、底部21の端24上の接線30が、ロールフランジ部23の端のうち底部21側の端25上の接線31と一致する。この場合、ロールフランジ部23の円弧の中心26は、底部21の端24と圧延軸RAとを結ぶ線分32の圧延軸RA側の延長線上に位置する。このように、底部21はロールフランジ部23と連続的かつなめらかに形成されるため、底部21とロールフランジ部23との境界に接する管部分の外周面に凹凸が生じず、管の外径寸法精度が向上する。
- [0043] 底部21の円弧の中心角 $\theta 1$ は $50^\circ$ 以上であることが好ましい。中心角 $\theta 1$ が小さいと底部21が狭くなるため、管の周方向に偏肉が生じやすくなるためである。管の外

径寸法に対する肉厚の比が大きい場合、具体的には肉厚／外径寸法が14%以上の場合、中心角 $\theta_1$ を $50^\circ$ 以上にするのが好ましい。

[0044] なお、距離DEが半径R1よりも長ければ、中心角 $\theta_1$ の上限は特に制限されない。

[0045] 本実施の形態では、ロールフランジ部23は横断面で円弧をなすが、ロールフランジ部23の表面と圧延軸RAとの間の距離が半径R1よりも長ければ他の形状であってもよい。たとえば、図10に示すように、ロールフランジ部23が横断面で直線をなしてもよい。この場合、ロールフランジ部23は底部21の端24の接線30と一致するのが好ましい。底部21とロールフランジ部23とが連続的になめらかに形成されるためである。また、ロールフランジ部23は横断面で弓状であり、かつ、2以上の曲率を有していてもよい。たとえば図11に示すように、ロールフランジ部23が、底部の端と圧延軸RAとを結ぶ線分の圧延軸RA側の延長線上に中心27を有する半径R2の第1の円弧部231と、円弧部231の端と中心27とを結ぶ線分の中心27側の延長線上に中心28を有し、かつ、半径R2よりも大きい半径R3を有する第2の円弧部232とで形成されていてもよい。

[0046] また、図12に示すように溝20の縁にコーナ半径R4を形成してもよい。この場合、コーナ半径R4の円弧上の任意の点と圧延軸RAとの間の距離DEはいずれも前段のスタンドに含まれるロールの溝における半径R1よりも長い。

[0047] なお、絞り圧延装置の複数のスタンドSTのうち、最後尾のスタンドST<sub>m</sub>に含まれるロールの溝は真円の孔型を形成する。要するに、ロールの溝全体が、横断面で圧延軸RAを中心とした円弧をなす。最後尾のスタンドST<sub>m</sub>での圧下率は小さいため、溝全体が円弧であってもエッジきずが発生しないためである。なお、最後尾のスタンドST<sub>m</sub>に含まれるロールの溝は上述した溝20と同じ形状であってもよい。

[0048] 上述した絞り圧延装置は各スタンドに含まれるロールを3個としたが、本発明は各スタンドが3個よりも多い数のロールを含む絞り圧延装置にも適用できる。以下、4ロール式圧延装置について説明する。

[0049] 4ロール式圧延装置は、3ロール圧延装置と同様に、圧延軸RAに沿って配列された複数のスタンドST<sub>1</sub>〜ST<sub>m</sub>を備える。

[0050] 図13及び図14に示すように、複数のスタンドST<sub>i</sub>( $i=2\sim m$ )の各々は、互いに圧



延軸RA周りに $90^\circ$ の位置に配置される4つのロール50を含む。ロール50は横断面が弓状をなす溝60を有し、4つのロール50の溝60は孔型PAを形成する。

[0051] スタンドSTiに含まれる4つのロール50は、前段のスタンドSTi-1に含まれる4つのロール50から圧延軸RA周りに $45^\circ$ ずらして配置される。

[0052] 最終スタンドSTmを除くスタンドST1-STm-1に含まれるロール50の溝60の形状は弓状である。図15を参照して、溝60の形状は図8に示したロール12の溝20と同様である。

[0053] 具体的には、溝60の底部61は圧延軸RAを中心とした半径R1の円弧をなす。これにより、内面角張の発生を抑制できる。また、ロールフランジ部63は半径R1よりも大きい半径R2を有する円弧をなす。つまり、ロールフランジ部23の表面と圧延軸RAとの間の距離は半径R1よりも長い。さらに、スタンドSTiに含まれるロールの溝60の縁GEと圧延軸RAとの距離DEは、スタンドSTi-1に含まれるロールの溝における半径R1よりも長い。これによりエッジきずの発生を抑制できる。なお、底部61の端上の接線80は、ロールフランジ部63の端のうち底部61側の端上の接線81と一致する。この場合、ロールフランジ部63の円弧の中心66は、底部61の端と圧延軸RAとを結ぶ線分の圧延軸RA側の延長線上に位置する。底部61はロールフランジ部63と連続的かつなめらかに形成されるため、底部61とロールフランジ部63との境界に接する管部分の外周面に凹凸が生じず、管の外径寸法精度が向上する。

[0054] ロール50が有する溝60の底部61の円弧の中心角 $\theta_2$ は $36^\circ$ 以上であることが好ましい。特に、絞り圧延する管の肉厚／外径寸法が16%以上の場合、中心角 $\theta_2$ を $36^\circ$ 以上にすれば、内面角張の発生を有効に防止できる。なお、距離DEが半径R1よりも長ければ、中心角 $\theta_2$ の上限は制限されない。

[0055] 以上、3ロール式及び4ロール式絞り圧延装置を例に本発明を説明したが、本発明による絞り圧延装置は2ロール式絞り圧延装置には適用できない。2ロール式絞り圧延装置では、絞り圧延時の被圧延材(管)の流れが3ロール式や4ロール式よりも幅方向に広がる。要するに、2ロール式絞り圧延装置はより噛みだしを生じやすい。そのため、本発明による溝の形状を有するロールを使用すればエッジきずが発生する可能性がある。

## 実施例 1

[0056] 表1に示す形状のロールを含む7つのスタンドST1～ST7を備えた3ロール式サイザを用いて300mmの外径を有する継目無鋼管を絞り圧延し、絞り圧延後の継目無鋼管に内面角張及びエッジきずが発生したか否かを調査した。

[表1]

	タイプ	スタンドNo	R1 (mm)	R2 (mm)	$\theta 1$ (°)	DE (mm)	DB (mm)	DE-DB <sub>1</sub>	圧下率 (%)	R1/DB
本発明例	T1	ST1	138.40	317.81	50	151.51	136.40	正	4.0	1.00
		ST2	130.95	305.11	50	145.45	130.95	正	4.0	1.00
		ST3	125.70	292.88	50	139.62	125.70	正	4.0	1.00
		ST4	120.70	281.23	50	134.07	120.70	正	4.0	1.00
		ST5	115.85	269.93	50	128.68	115.85	正	4.0	1.00
		ST6	116.59	127.00	50	118.31	116.59	正	4.0	1.00
		ST7	116.59	116.59	50	116.59	116.59	—	0.7	1.00
	T2	ST1	144.00	100000	84	151.23	144.00	正	1.5	1.00
		ST2	138.50	1801	84	144.89	138.50	正	4.0	1.00
		ST3	133.00	1729	84	139.14	133.00	正	4.0	1.00
		ST4	127.87	1660	84	133.56	127.67	正	4.0	1.00
		ST5	122.60	1594	84	128.25	122.60	正	4.0	1.00
		ST6	117.65	1529	84	123.08	117.65	正	4.0	1.00
		ST7	118.59	144	84	117.66	116.59	—	2.7	1.00
	T3	ST1	135.82	258.06	40	152.00	135.82	正	4.0	1.00
		ST2	130.40	247.76	40	145.93	130.40	正	4.0	1.00
		ST3	125.20	237.88	40	140.11	125.20	正	4.0	1.00
		ST4	120.22	228.41	40	134.54	120.22	正	4.0	1.00
		ST5	115.44	219.33	40	129.19	115.44	正	4.0	1.00
		ST6	116.59	125.00	40	118.42	116.59	正	4.0	1.00
		ST7	116.59	116.59	40	116.59	116.59	—	0.8	1.00
比較例	T4	ST1	142.88	156.31	50	145.09	142.88	負	4.0	1.00
		ST2	137.17	150.06	50	139.29	137.17	負	4.0	1.00
		ST3	131.68	144.06	50	133.72	131.68	負	4.0	1.00
		ST4	126.41	138.29	50	128.37	126.41	負	4.0	1.00
		ST5	121.35	132.76	50	123.23	121.35	負	4.0	1.00
		ST6	116.52	127.47	50	118.33	116.52	負	4.0	1.00
		ST7	116.59	116.59	50	116.59	116.59	—	0.7	1.00
	T5	ST1	151.37	296.68	60	152.01	135.83	正	4.0	1.11
		ST2	144.32	282.87	60	145.68	130.65	正	4.0	1.10
		ST3	138.47	271.40	60	139.84	125.45	正	4.0	1.10
		ST4	133.85	262.34	60	134.47	120.20	正	4.0	1.11
		ST5	126.96	248.84	60	128.70	115.78	正	4.0	1.10
		ST6	128.25	102.30	60	118.27	116.59	正	4.0	1.10
		ST7	116.59	116.59	60	116.59	116.59	—	0.7	1.00
	T6	ST1	163.88	—	—	150.15	138.46	正	3.8	1.18
		ST2	157.54	—	—	143.82	133.10	正	4.0	1.18
		ST3	151.20	—	—	138.04	127.75	正	4.0	1.18
		ST4	145.12	—	—	132.48	122.60	正	4.0	1.18
		ST5	139.28	—	—	127.15	117.67	正	4.0	1.18
		ST6	120.51	—	—	118.49	116.59	正	4.0	1.03
		ST7	116.59	—	—	116.59	116.59	—	0.8	1.00
	T7	ST1	150.22	—	—	145.92	142.00	負	4.0	1.06
		ST2	144.19	—	—	140.06	136.30	負	4.0	1.06
		ST3	138.40	—	—	134.44	130.83	負	4.0	1.06
		ST4	132.84	—	—	129.04	125.57	負	4.0	1.06
		ST5	127.51	—	—	123.86	120.53	負	4.0	1.06
		ST6	119.46	—	—	117.99	116.59	負	4.0	1.02
		ST7	116.59	—	—	116.59	116.59	—	0.6	1.00

[0057] 表1中「タイプ」は試験を実施したサイザを示す。「スタンド番号」には、各圧延タイプのサイザに含まれるスタンドST1～ST7を示す。

[0058] タイプT1～T4のサイザには、図8に示す形状のロール11を用いた。各スタンドST1～ST7に含まれるロール11の溝20の半径R1、R2、中心角 $\theta 1$ 、距離DE、圧延軸

RAと底部の中央GBとの間の距離DBの値は表1に示す通りであった。タイプT1、T3、T4のサイズの最後尾のスタンドST7に使用するロールの溝は、圧延軸RAから半径R1の円弧とした。つまり、スタンドST7のロールの溝が形成する孔型は真円とした。

[0059] なお、表1中の「 $DE - DB_{i-1}$ 」には、スタンドST<sub>i</sub>に含まれるロールにおける距離DEから前段のスタンドST<sub>i-1</sub>に含まれるロールにおける距離DBを差分した値の正負が示されている。なお、スタンドST1に含まれるロールの「 $DE - DB_{i-1}$ 」には、距離DEから継目無鋼管の外半径＝150mmを差分した値の正負が示されている。

[0060] また、「圧下率」には、以下の式(1)で求めた各スタンドにおける圧下率(%)が示されている。「R1/DB」には、各スタンドに含まれるロールの距離DBに対する半径R1の比が示されている。

[数1]

$$\text{圧下率(\%)} = \frac{(\text{スタンドST}_{i-1} \text{の孔型の長軸} + \text{短軸}) - (\text{スタンドST}_i \text{の孔型の長軸} + \text{短軸})}{\text{スタンドST}_{i-1} \text{の孔型の長軸} + \text{短軸}} \times 100 \quad (1)$$

[0061] タイプT5のサイズには、図3に示すロール300を用いた。そのため、スタンドST1～ST6のロールでは、半径R1/距離DBが1よりも大きかった。タイプT6及びT7のサイズには、図1に示すロール200を用いた。タイプT5～T7のサイズの最後尾のスタンドST7に使用するロールの溝は、圧延軸RAから半径R1の円弧とした。

#### 1. 内面角張及びエッジきず調査

[0062] タイプT1、T2、T4～T7のサイズを用いて、300mmの外径と25mmの肉厚を有する継目無鋼管を熱間で絞り圧延した。具体的には、各タイプのサイズ出側で850～900℃の温度を有する1本の継目無鋼管を絞り圧延した。

[0063] 絞り圧延後の継目無鋼管について、内面角張とエッジきずの発生の有無を調査した。具体的には、継目無鋼管の長手方向中央部で横断面サンプルを1つ採取した。採取した横断面サンプルの肉厚をマイクロメータを用いて測定した。具体的には、図2を参照して、サンプルのうち、サイズの各スタンドのロールの溝の底部と接触した部分P1の肉厚TA及び肉厚TAの測定箇所の各々から圧延軸を中心に30° ずらした箇所の肉厚TBを測定した。測定したTA及びTBの平均値 $TA_{ave}$  及び $TB_{ave}$  を求め、

さらに式(2)に示す内面角張率PF(%)を求めた。

[0064]  $PF = (TB_{ave} - TA_{ave}) / \{(TB_{ave} + TA_{ave}) / 2\} \times 100(\%)$  (2)

[0065] 求めた内面角張率PFが3.0%以上の場合、内面角張が発生したと判断した。

[0066] 一方、エッジきずは目視により判断した。具体的には、継目無鋼管の長手方向に噛みだしが発生している場合エッジきずが発生したと判断した。

[0067] 表2に調査結果を示す。

[表2]

タイプ	内面角張率PF(%)	エッジきず
T1	0.7	無
T2	0.3	無
T4	0.5	有
T5	3.9	無
T6	6.2	無
T7	2.9	有

[0068] 表2に示すように、本発明例であるタイプT1及びT2のサイズで絞り圧延した管には内面角張率もエッジきずも発生しなかった。一方、タイプT4のサイズでは $DE_i - DB_{i-1}$ が負であったため、噛みだしに起因すると考えられるエッジきずが発生した。タイプT5及びT6のサイズは $R1/DB$ が1よりも大きかったため内面角張が発生した。タイプT7のサイズは $DE_i - DB_{i-1}$ が負であったため、エッジきずが発生した。

## 2. 肉厚の異なる管を用いた内面角張調査

[0069] 表3に示す外径及び肉厚を有する継目無鋼管を表3に示すタイプのサイズで絞り圧延した。

[表3]

試験番号	圧延前金属管			ロール群 タイプ	内面角張率PF (%)
	外径(mm)	肉厚(mm)	肉厚/外径(%)		
1	300	15	5.0	T1	0.5
2	300	15	5.0	T2	0.3
3	300	15	5.0	T3	0.9
4	300	43	14.3	T1	0.8
5	300	43	14.3	T2	0.6
6	300	43	14.3	T3	1.8

[0070] 絞り圧延時の継目無鋼管の温度はサイズ出側で850〜1000℃であった。絞り圧延後の管について、1.と同様の方法で内面角張率を調査した。

[0071] 表3に示すように、すべての試験番号で内面角張率は3.0%未満であった。しかしながら、肉厚が43mmの継目無鋼管を絞り圧延した場合、中心角  $\theta_1$  が50° 未満であるタイプT3のサイズで絞り圧延した管の内面角張率は、タイプT1及びT2のサイズで絞り圧延した管の内面角張率よりも高かった。換言すれば、肉厚／外径が14%を超える管を絞り圧延した場合、ロールの溝の底部の中心角  $\theta_1$  が50° 以上であれば、内面角張の発生をより有効に抑制できた。なお、エッジきずはいずれの試験番号でも発生しなかった。

## 実施例 2

[0072] 表4に示す形状のロールを含む8つのスタンドST1ーST8を備えた4ロール式サイザを用いて継目無鋼管を絞り圧延し、内面角張及びエッジきずが発生したか否かを調査した。

[表4]

	ロール群 タイプ	スタンドNo	R1 (mm)	R2 (mm)	$\theta 2$ (°)	DE (mm)	DB (mm)	DE-DB <sub>1</sub>	圧下率 (%)	R1/DB
本 発 明 例	T8	ST1	11.34	100.00	36	12.51	11.34	正	4.5	1.00
		ST2	10.86	65.17	36	11.88	10.86	正	4.5	1.00
		ST3	10.37	62.24	36	11.34	10.37	正	4.5	1.00
		ST4	9.91	59.44	36	10.83	9.91	正	4.5	1.00
		ST5	9.46	56.76	36	10.35	9.46	正	4.5	1.00
		ST6	9.04	54.21	36	9.88	9.04	正	4.5	1.00
		ST7	9.00	10.14	36	9.11	9.00	正	4.5	1.00
		ST8	9.00	—	—	9.00	9.00	—	0.8	1.00
	T9	ST1	11.90	100000.00	54	12.50	11.90	正	2.4	1.00
		ST2	11.37	909.44	54	11.90	11.37	正	4.5	1.00
		ST3	10.86	868.54	54	11.36	10.86	正	4.5	1.00
		ST4	10.37	829.48	54	10.85	10.37	正	4.5	1.00
		ST5	9.90	792.18	54	10.37	9.90	正	4.5	1.00
		ST6	9.46	756.55	54	9.90	9.46	正	4.5	1.00
		ST7	9.03	722.48	54	9.45	9.03	正	4.5	1.00
		ST8	9.00	—	—	9.00	9.00	—	2.8	1.00
	T10	ST1	11.39	35.00	30	12.50	11.39	正	4.4	1.00
		ST2	10.88	32.64	30	11.88	10.88	正	4.5	1.00
		ST3	10.39	31.18	30	11.35	10.39	正	4.5	1.00
		ST4	9.93	29.78	30	10.84	9.93	正	4.5	1.00
		ST5	9.48	28.45	30	10.35	9.48	正	4.5	1.00
		ST6	9.06	27.18	30	9.89	9.06	正	4.5	1.00
		ST7	9.00	10.20	30	9.14	9.00	正	4.5	1.00
		ST8	9.00	—	—	9.00	9.00	—	0.8	1.00
比 較 例	T11	ST1	11.81	14.80	36	12.06	11.81	負	4.5	1.00
		ST2	11.32	13.02	36	11.48	11.32	負	4.5	1.00
		ST3	10.82	12.44	36	10.96	10.82	負	4.5	1.00
		ST4	10.33	11.88	36	10.47	10.33	負	4.5	1.00
		ST5	9.86	11.34	36	10.00	9.86	負	4.5	1.00
		ST6	9.42	10.83	36	9.55	9.42	負	4.5	1.00
		ST7	9.00	10.20	36	9.11	9.00	負	4.5	1.00
		ST8	9.00	9.00	36	9.00	9.00	—	0.8	1.00
	T12	ST1	12.55	112.96	45	12.50	11.41	正	4.3	1.10
		ST2	11.99	107.91	45	11.89	10.80	正	4.5	1.10
		ST3	11.45	103.09	45	11.36	10.41	正	4.5	1.10
		ST4	10.94	98.48	45	10.85	9.95	正	4.5	1.10
		ST5	10.45	94.09	45	10.37	9.50	正	4.5	1.10
		ST6	9.99	89.89	45	9.90	9.08	正	4.5	1.10
		ST7	9.85	10.50	45	9.22	8.95	正	4.5	1.10
		ST8	9.00	—	—	9.00	9.00	—	1.0	1.00
	T13	ST1	13.73	—	—	12.54	11.60	正	3.4	1.18
		ST2	13.11	—	—	11.98	11.08	正	4.5	1.18
		ST3	12.53	—	—	11.44	10.58	正	4.5	1.18
		ST4	11.97	—	—	10.93	10.11	正	4.5	1.18
		ST5	11.43	—	—	10.44	9.66	正	4.5	1.18
		ST6	10.92	—	—	9.97	9.22	正	4.5	1.18
		ST7	10.85	—	—	9.73	9.00	正	2.4	1.18
		ST8	9.00	—	—	9.00	9.00	—	3.9	1.00
	T14	ST1	12.46	—	—	12.11	11.78	負	4.5	1.06
		ST2	11.90	—	—	11.56	11.25	負	4.5	1.06
		ST3	11.37	—	—	11.04	10.74	負	4.5	1.06
		ST4	10.85	—	—	10.55	10.26	負	4.5	1.06
		ST5	10.37	—	—	10.07	9.80	負	4.5	1.06
		ST6	9.90	—	—	9.62	9.36	負	4.5	1.06
		ST7	9.27	—	—	9.13	9.00	負	4.5	1.03
		ST8	9.00	—	—	9.00	9.00	—	0.7	1.00

[0073] 表4中の各項目は表1と同じである。タイプT8〜T11のサイズには、図15に示す形状のロール50を用いた。

[0074] タイプT12のサイズには、図16に示す形状のロール400を用いた。ロール400の溝の形状は図3のロール300と同様であった。スタンドST1〜ST7のロールでは、半径R1/距離DBが1よりも大きかった。タイプT13及びT14のサイズには、図17に示す形状のロール600を用いた。ロール600の溝の形状は図1のロール200と同様で

あった。

- [0075] タイプT8～T14のサイズの最後尾のスタンドST8に使用するロールの溝は圧延軸RAを中心とした半径R1を有する円弧とした。つまり、ロールが形成する孔型は圧延軸RAを中心とした真円とした。

#### 1. 内面角張及びエッジきず調査

- [0076] タイプT8、T9、T11～T14のサイズの各々で、25mmの外径と2mmの肉厚を有する1本のERW管(高周波電気抵抗溶接鋼管)を冷間で絞り圧延した。ERW管の溶接部と母材との硬度差をなくすために、ERW管に熱処理を施した。
- [0077] 絞り圧延後、実施例1と同様にERW管の内面角張率を求めた。図18に示すように、採取したサンプルのうちサイズの各スタンドのロールの溝の底部と接触した部分P1の肉厚TA及び肉厚TAの測定箇所各々から圧延軸RAを中心に $22.5^\circ$ ずらした箇所の肉厚TBを測定した後、式(2)に示す内面角張率PF(%)を求めた。実施例1と同様に、内面角張率PFが3.0%以上の場合、内面角張が発生したと判断した。エッジきずの発生の有無は実施例1と同様の方法により判断した。
- [0078] 表5に調査結果を示す。

[表5]

タイプ	内面角張率PF(%)	エッジきず
T8	0.7	無
T9	0.4	無
T11	0.6	有
T12	4.1	無
T13	5.5	無
T14	2.7	有

- [0079] 本発明例であるタイプT8及びT9のサイズで絞り圧延したERW管には内面角張もエッジきずも発生しなかった。一方、タイプT11のサイズは $DE_i - DB_{i-1}$ が負であったため、エッジきずが発生した。タイプT12及びT13のサイズは $R1/B$ が1よりも大きかったため、内面角張が発生した。タイプT14のサイズは $DE_i - DB_{i-1}$ が負であったため、エッジきずが発生した。

#### 2. 肉厚の異なる管を用いた内面角張調査

- [0080] 表6に示す外径及び肉厚を有するERW管を表6に示すタイプのサイズで絞り圧延

した。ERW管には1.と同様に事前に熱処理を施した。絞り圧延後のERW管について内面角張率を求めた。

[表6]

試験番号	圧延前金属管			ロール群 タイプ	内面角張率PF (%)
	外径(mm)	肉厚(mm)	肉厚／外径(%)		
7	25	1.5	6.0	T8	0.4
8	25	1.5	6.0	T9	0.2
9	25	1.5	6.0	T10	0.8
10	25	4.0	16.0	T8	0.8
11	25	4.0	16.0	T9	0.5
12	25	4.0	16.0	T10	1.7

[0081] 調査結果を表6に示す。すべての試験番号で内面角張率は3.0%未満であった。しかしながら、肉厚が4.0mmのERW管を絞り圧延した場合、中心角 $\theta_2$ が $36^\circ$ 未満であるタイプT10のサイズで絞り圧延したERW管の内面角張率は、タイプT8及びT9のサイズで絞り圧延したものよりも高かった。換言すれば、肉厚／外径が16%以上のERW管を絞り圧延した場合、ロールの溝の底部の中心角 $\theta_2$ が $36^\circ$ 以上であれば、内面角張の発生を有効に抑制できた。なお、エッジきずは、いずれの試験番号でも発生しなかった。

[0082] 以上、本発明の実施の形態を説明したが、上述した実施の形態は本発明を実施するための例示に過ぎない。よって、本発明は上述した実施の形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で上述した実施の形態を適宜変形して実施することが可能である。

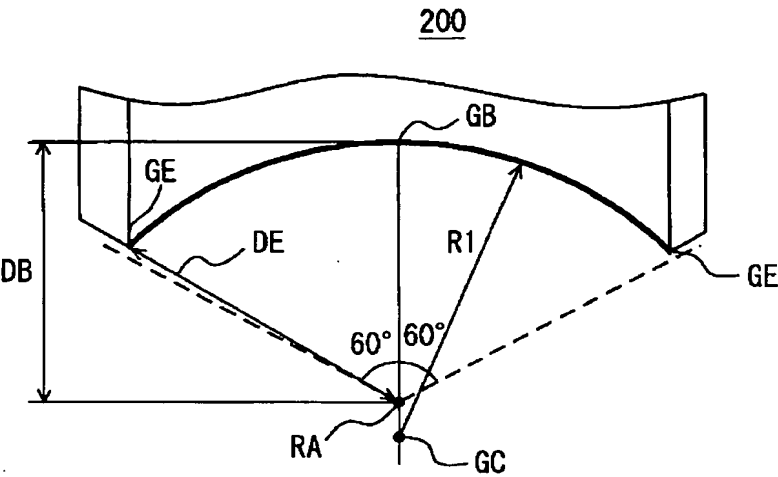


## 請求の範囲

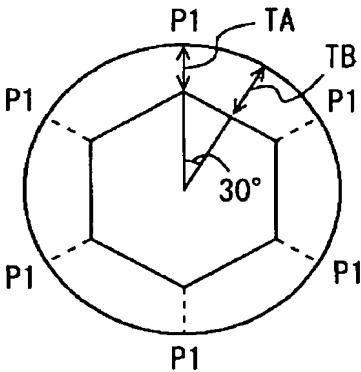
- [1] 圧延軸に沿って配列された複数のスタンドを備え、管を前記圧延軸に沿って前記複数のスタンドに通して絞り圧延する絞り圧延装置であって、  
前記スタンドの各々は、前記圧延軸の周りに配置された $n$ 個 ( $n \geq 3$ ) のロールを含み、  
前記 $n$ 個のロールは前段のスタンドに含まれる $n$ 個のロールから前記圧延軸周りに $180^\circ / n$ ずらして配置され、  
前記複数のスタンドのうち最後尾のスタンドを除くスタンドに含まれる前記 $n$ 個のロールの各々は、横断面で弓状をなす溝を有し、  
前記溝の底部は横断面で前記圧延軸を中心とした第1の半径を有する円弧をなし、  
前記溝の底部と前記溝の縁との間に位置するロールフランジ部の表面と前記圧延軸との間の距離は前記第1の半径よりも長く、  
前記溝の縁と前記圧延軸との間の距離は前段のスタンドに含まれるロールの溝における第1の半径よりも長いことを特徴とする絞り圧延装置。
- [2] 請求項1に記載の絞り圧延装置であって、  
前記ロールフランジ部は横断面で弓状をなすことを特徴とする絞り圧延装置。
- [3] 請求項2に記載の絞り圧延装置であって、  
前記溝の横断面において、前記底部の端上の接線は前記ロールフランジ部の端のうち前記底部側の端上の接線と一致することを特徴とする絞り圧延装置。
- [4] 請求項3に記載の絞り圧延装置であって、  
前記ロールフランジ部は横断面で前記第1の半径よりも大きい第2の半径を有する円弧をなすことを特徴とする絞り圧延装置。
- [5] 請求項1に記載の絞り圧延装置であって、  
前記ロールフランジ部は横断面で直線をなすことを特徴とする絞り圧延装置。
- [6] 請求項1～請求項5のいずれか1項に記載の絞り圧延装置であって、  
 $n=3$ であり、  
前記底部の円弧は $50^\circ$  以上の中心角を有することを特徴とする絞り圧延装置。

- [7] 請求項1ー請求項5のいずれか1項に記載の絞り圧延装置であって、  
n=4であり、  
前記底部の円弧は36° 以上の中心角を有することを特徴とする絞り圧延装置。
- [8] 圧延軸に沿って配列され、各々が前記圧延軸の周りに配置されたn個(n≥3)のロールを含む複数のスタンドを備え、管を前記圧延軸に沿って前記複数のスタンドに通して絞り圧延する絞り圧延装置に用いられる前記ロールであって、  
横断面で弓状をなす溝を有し、  
前記溝の底部は横断面で前記圧延軸を中心とした第1の半径を有する円弧をなし、  
前記溝の底部と前記溝の縁との間に位置するロールフランジ部の表面と前記圧延軸との間の距離は前記第1の半径よりも長いことを特徴とするロール。
- [9] 請求項8に記載のロールであって、  
前記ロールフランジ部は横断面で弓状をなすことを特徴とするロール。
- [10] 請求項9に記載の絞り圧延装置であって、  
前記溝の横断面において、前記底部の端上の接線は前記ロールフランジ部の端のうち前記底部側の端上の接線と一致することを特徴とするロール。
- [11] 請求項10に記載のロールであって、  
前記ロールフランジ部は横断面で前記第1の半径よりも大きい第2の半径を有する円弧をなすことを特徴とするロール。
- [12] 請求項8に記載のロールであって、  
前記ロールフランジ部は横断面で直線をなすことを特徴とするロール。
- [13] 請求項8ー請求項12のいずれか1項に記載の絞り圧延装置であって、  
n=3であり、  
前記底部の円弧は50° 以上の中心角を有することを特徴とするロール。
- [14] 請求項8ー請求項13のいずれか1項に記載のロールであって、  
n=4であり、  
前記底部の円弧は36° 以上の中心角を有することを特徴とするロール。

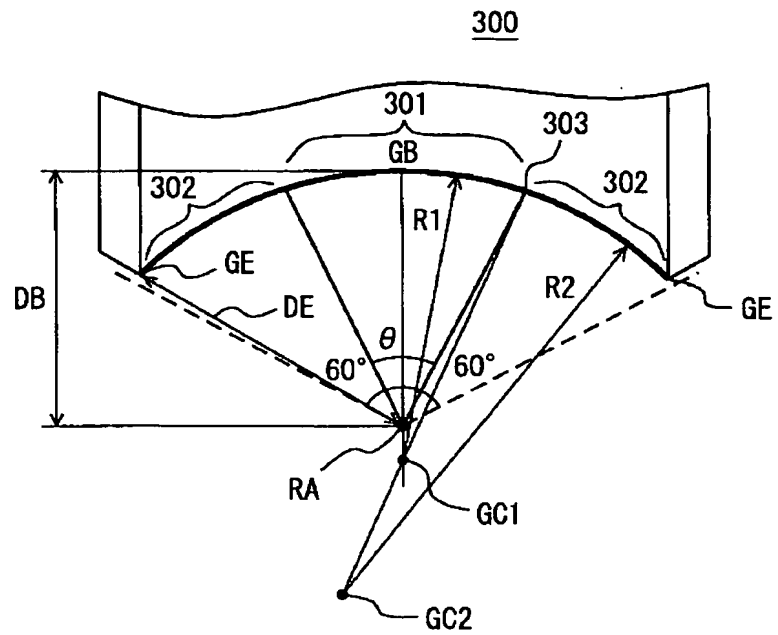
[図1]



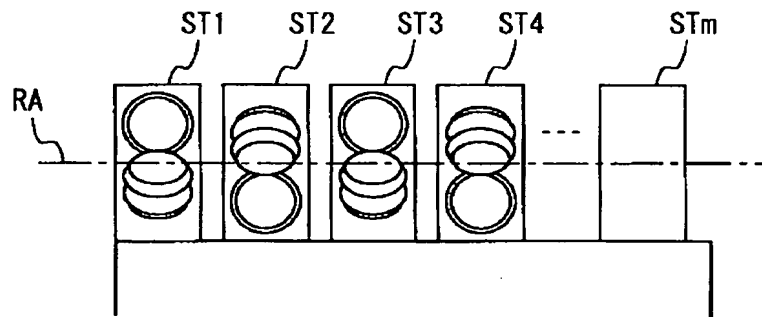
[図2]



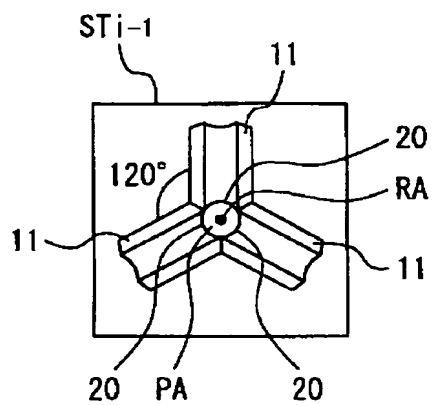
[図3]



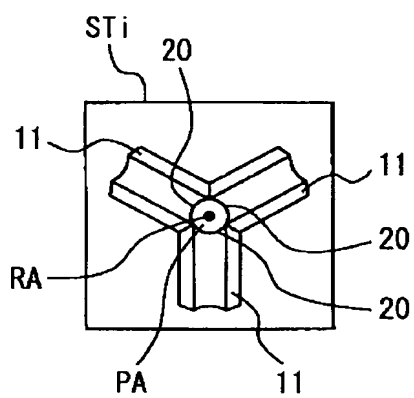
[図4]



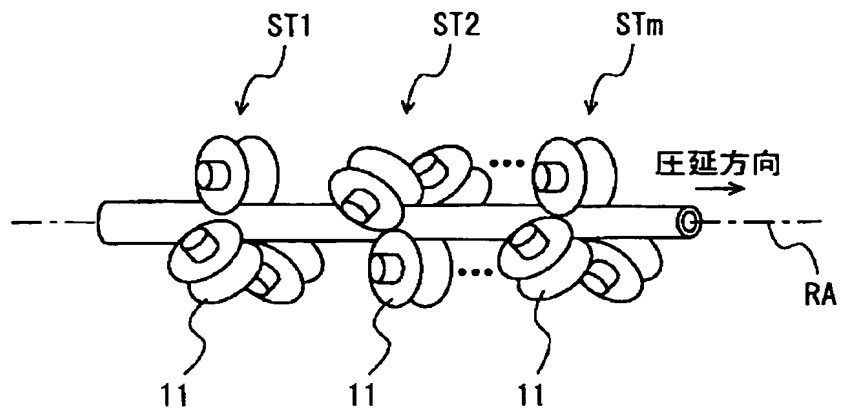
[図5]



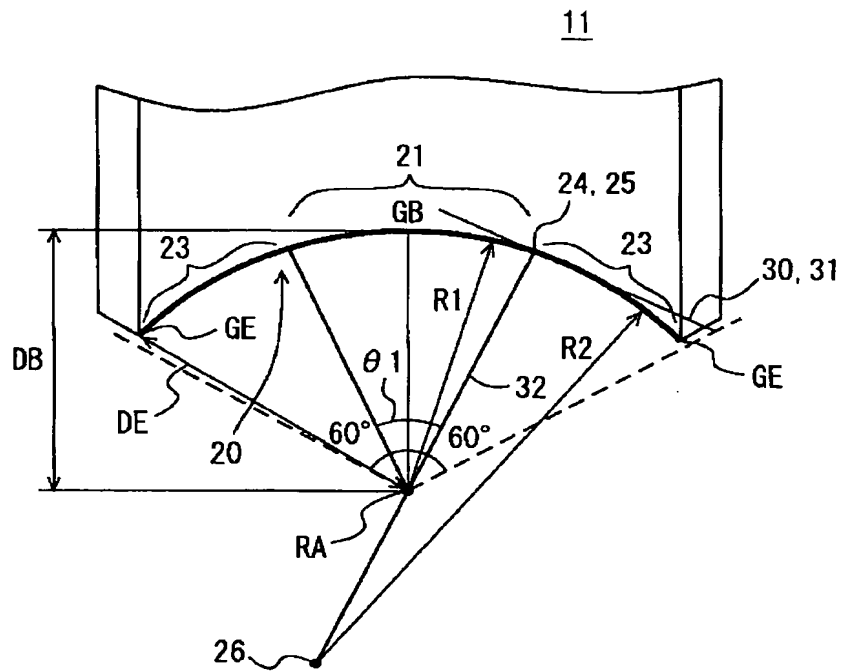
[図6]



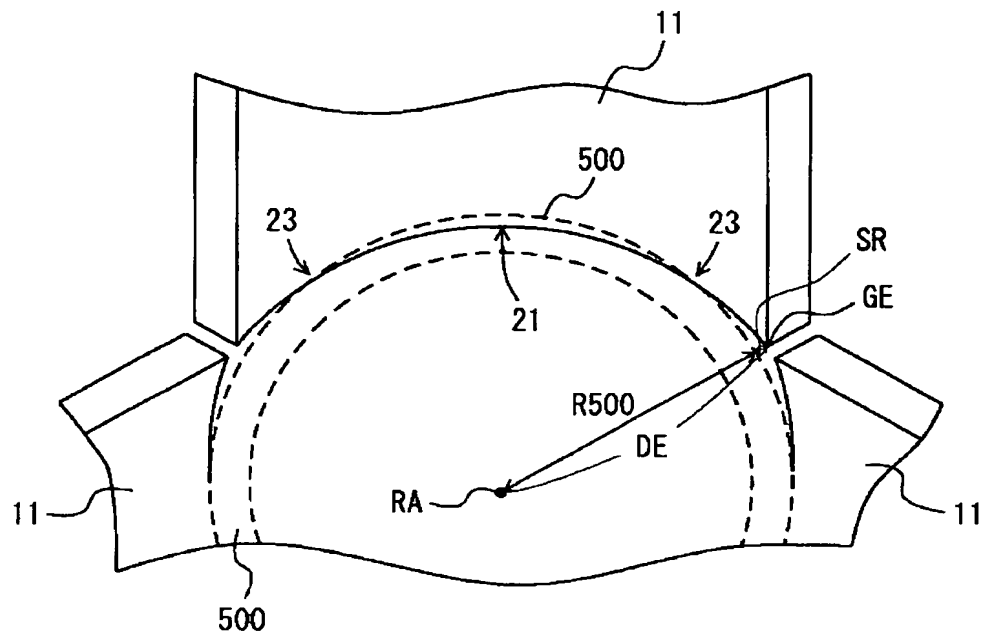
[図7]



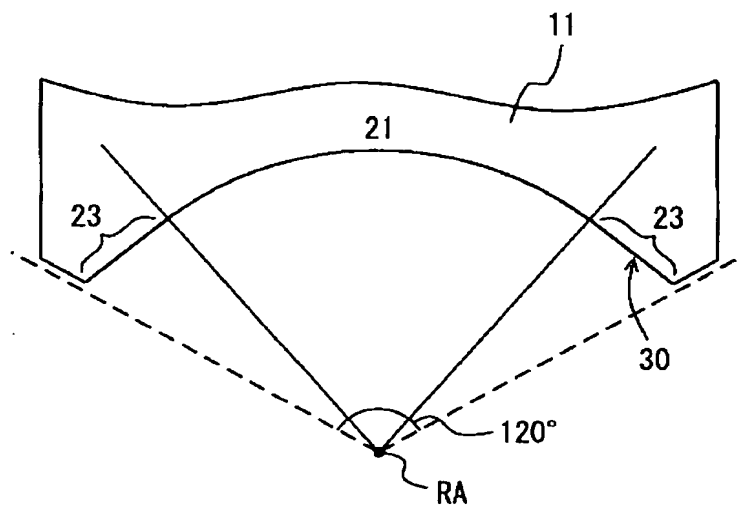
[図8]



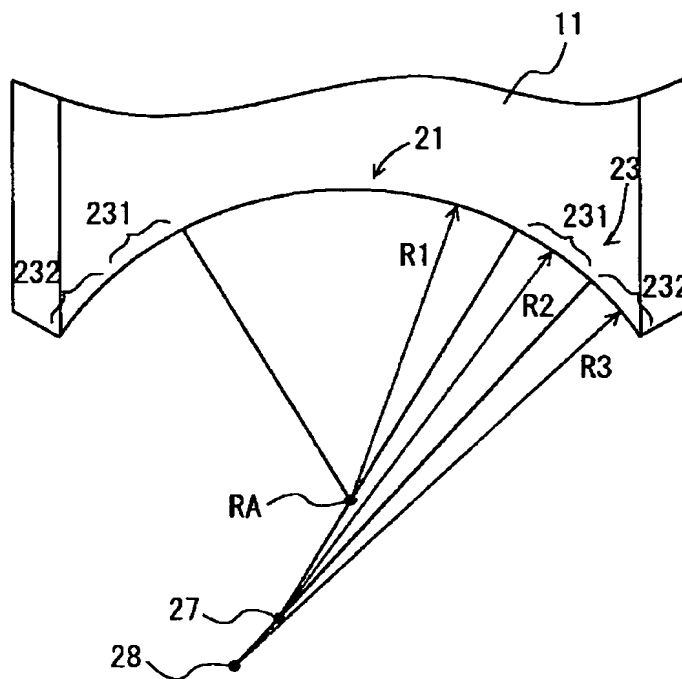
[図9]



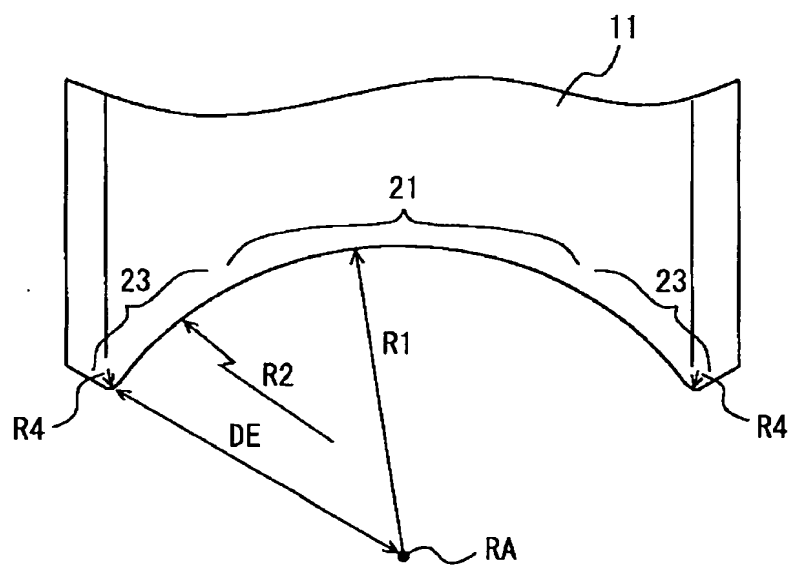
[図10]



[図11]

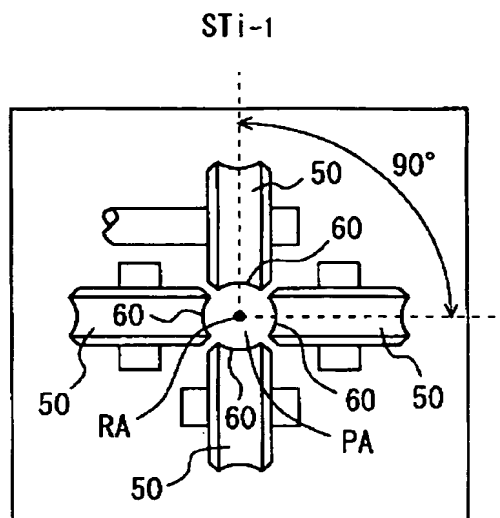


[図12]

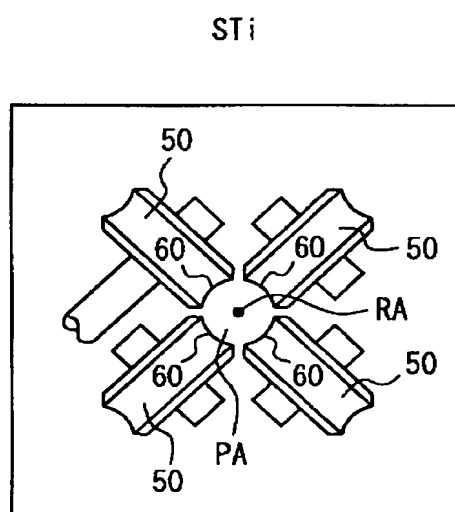




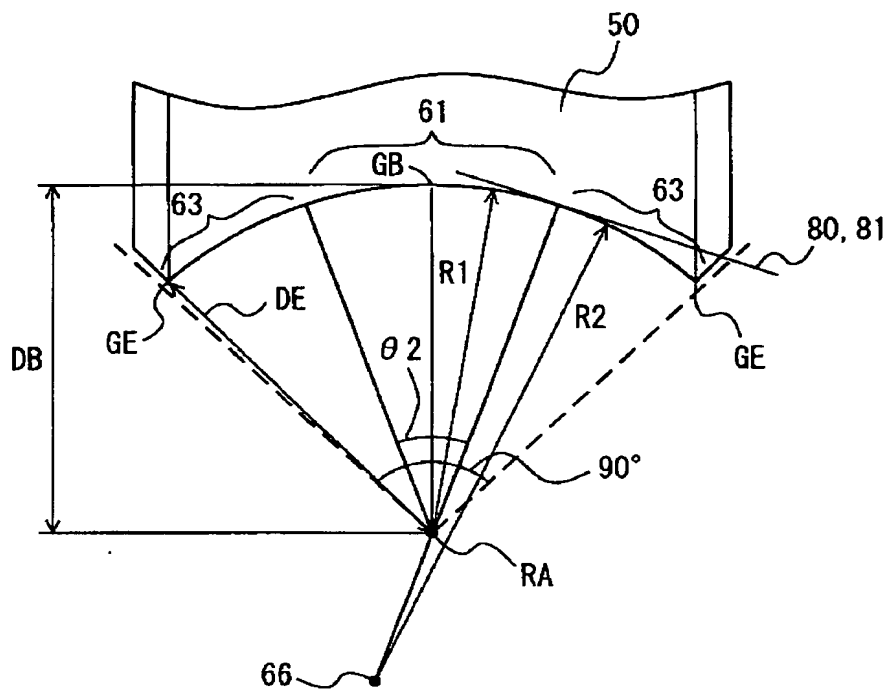
[図13]



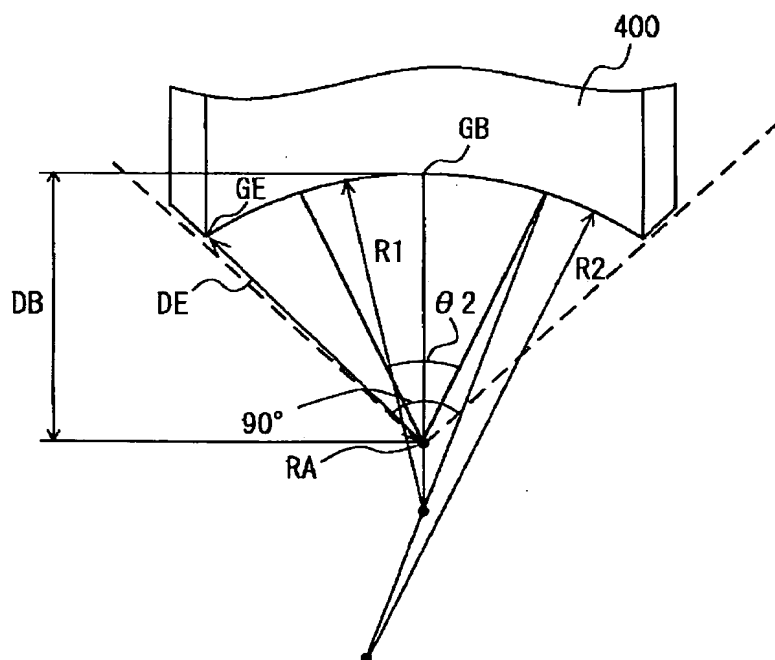
[図14]



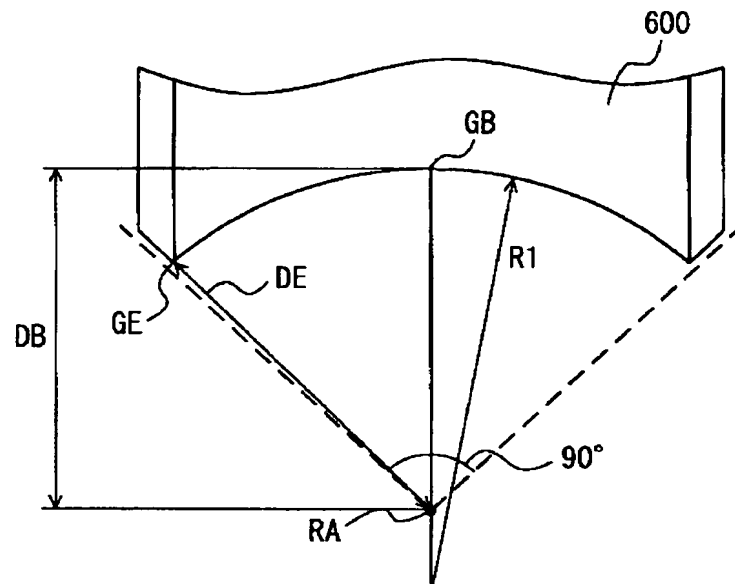
[図15]



[図16]



[図17]



[図18]

